

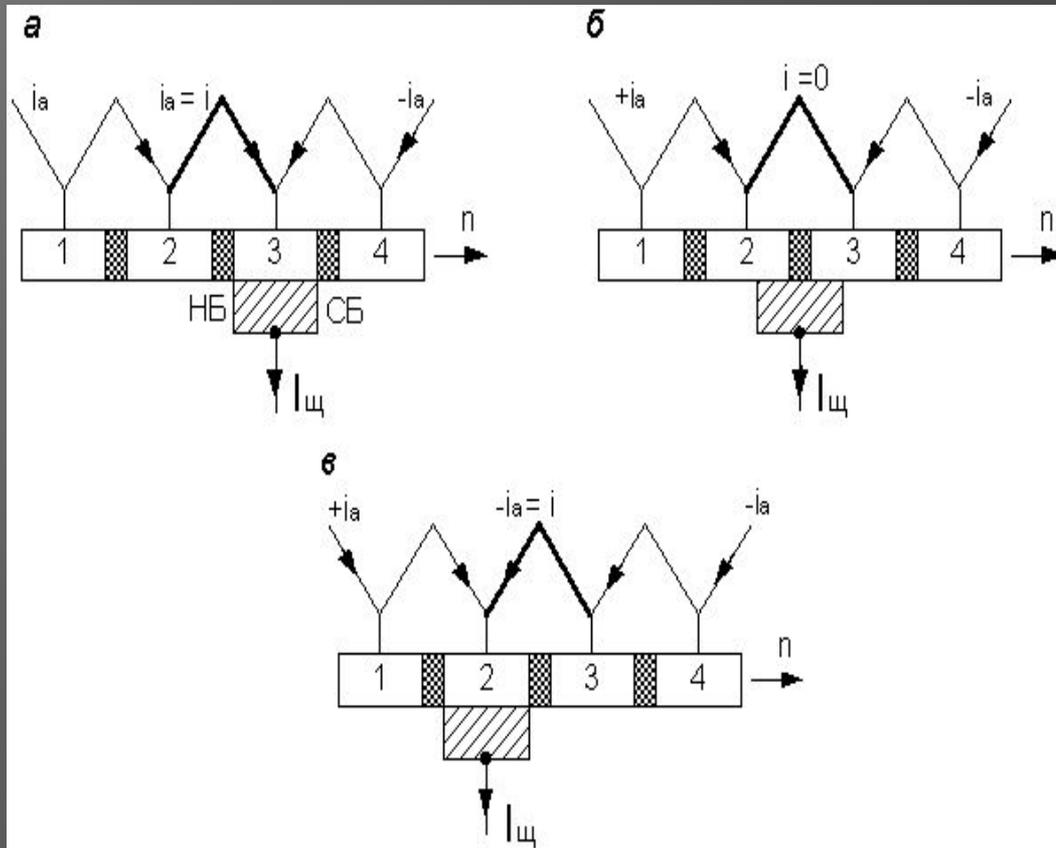
КОММУТАЦИЯ В МАШИНАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Понятие о коммутации.

Коммутацией называется процесс переключения секций обмотки из одной параллельной ветви в другую с изменением направления тока в них на обратное.

Коммутация считается хорошей, когда процесс изменения тока в секциях не сопровождается искрообразованием между щетками и коллектором и поверхность коллектора остается чистой, не поврежденной при длительной работе машины .

Классическая теория коммутации



$\pm i_a$ – ток в одной и другой параллельных ветвях;
НБ и СБ – набегающий и сбегающий края щетки; i – ток, который протекает в коммутируемой секции; T – период коммутации; $a - i$

Рис.1.1 Анализ коммутации.

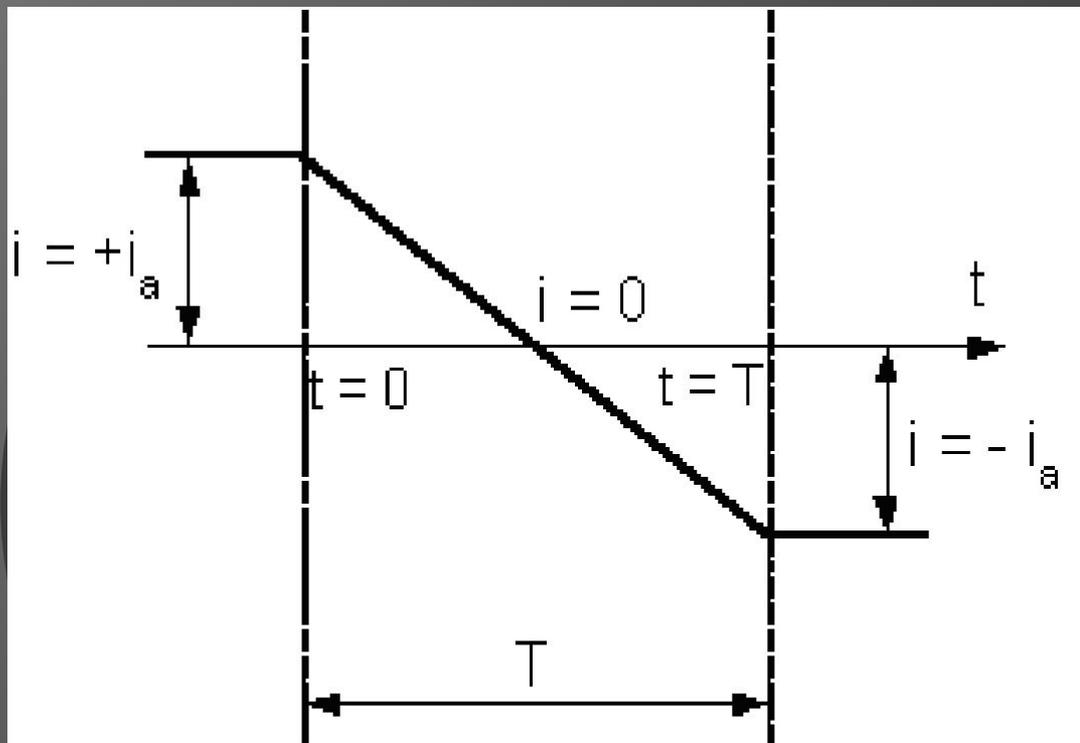


Рис.1.2. Прямолинейная коммутация

Если считать что в коммутируемой секции за время изменения тока с $+i_a$ на $-i_a$ не возникает никакой ЭДС (то есть $\sum e = 0$), то тогда ток будет изменяться по характеристике на рис. 1.2

Реактивная ЭДС в коммутируемой секции

Величина периода коммутации очень мала, если линейная скорость коллектора 20 м/с, то процесс коммутации будет длиться всего 0,0002с.

Следовательно, ток будет изменяться весьма быстро.

По законам электротехники всякому изменению тока в обмотке препятствует ЭДС самоиндукции.

В результате, под влиянием ЭДС самоиндукции, прямолинейная коммутация замедляется (рис. 1.3).

Классическая теория коммутации

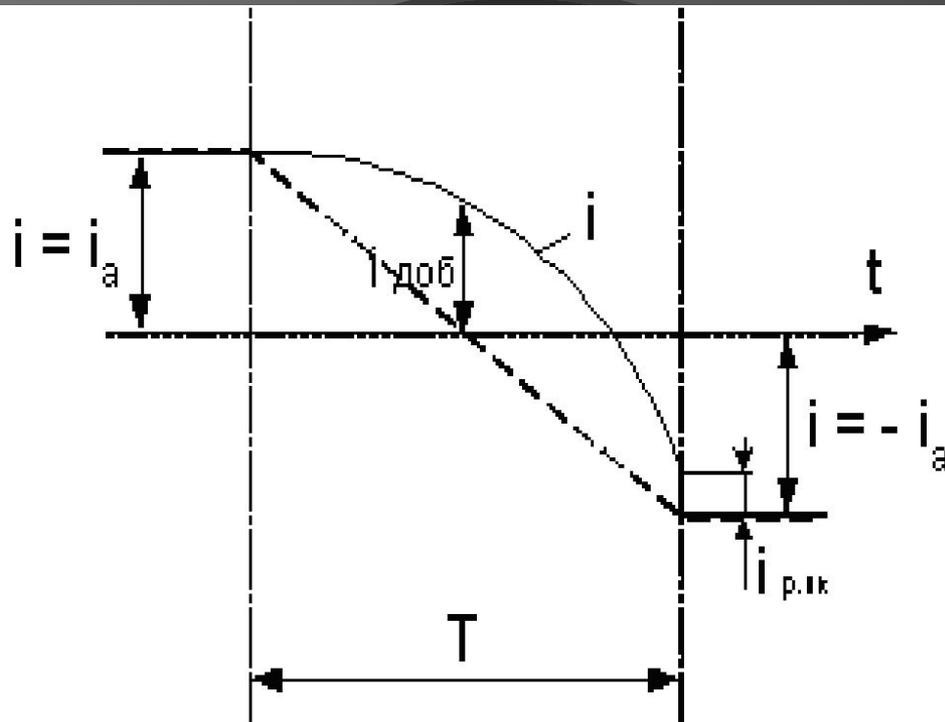


Рис. 1.3. Замедленная коммутация

На сбегающем крае создается условие для повышенного искрообразования: на величину i_p

Основной причиной искрения является добавочный ток.

Если же щетка перекрывает не одну, а несколько коллекторных пластин, то в коммутируемых секциях наводится еще и ЭДС взаимоиндукции e_m , которая также замедляет изменение тока в секции.

Определение и уменьшение реактивной ЭДС

Сумма всех эдс, способствующих замедлению изменения тока в секции, называется реактивной эдс:

$$e_r = e_L + e_M$$

$$i_{\text{доб}} = \frac{\sum e}{r_k} = \frac{e_r}{r_k}$$

Для уменьшения добавочного тока следует уменьшить реактивную эдс e_r

Уменьшить эдс e_r можно за счет создания в зоне коммутации такого коммутирующего магнитного поля, чтобы оно наводило коммутирующую эдс e_k , которая была бы направлена встречно e_r . Такую коммутирующую эдс можно создать посредством **добавочных полюсов** (рис. 1.4)

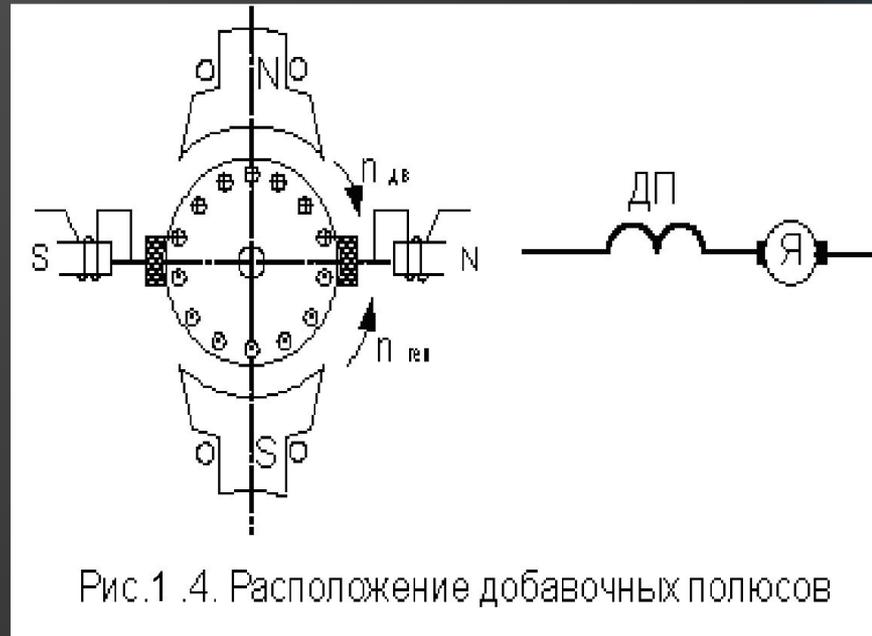
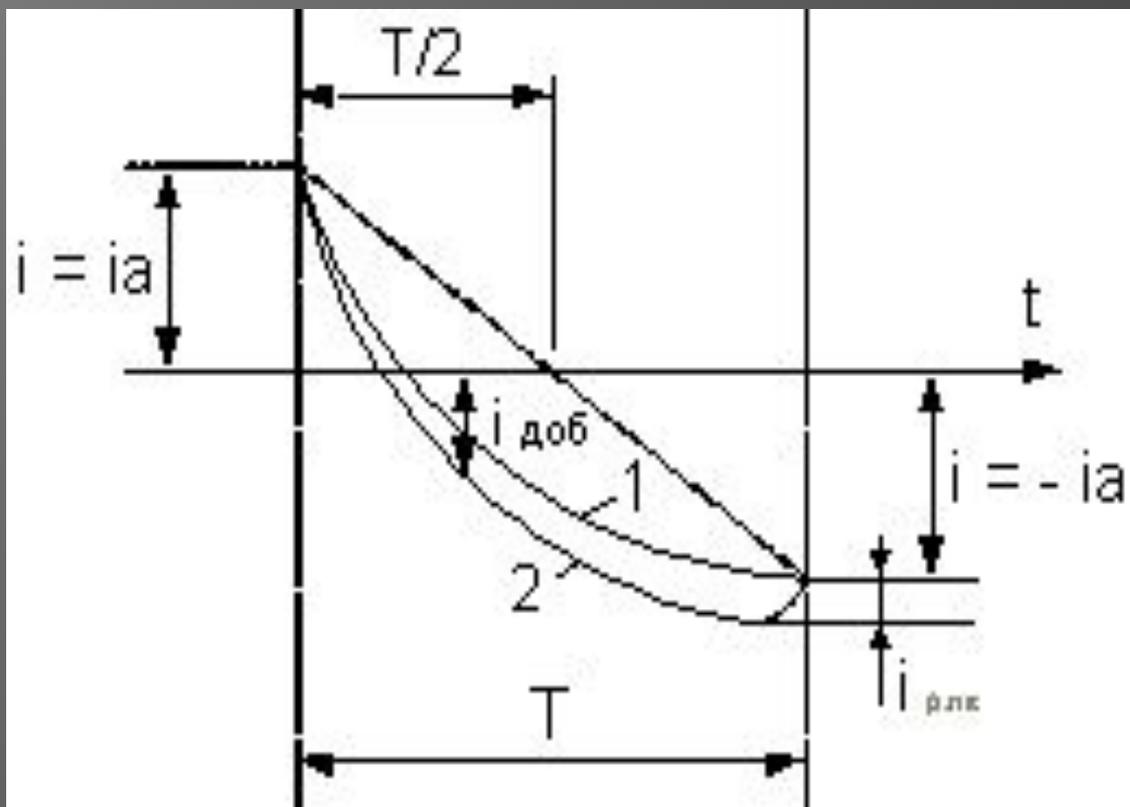


Рис.1 .4. Расположение добавочных полюсов



Если в коммутирующей секции $e_k = e_r$, то коммутация будет прямолинейной, если же добиться условия $e_k > e_r$, то коммутация будет ускоренной, появится добавочный ток другого знака. Лучшей из двух ускоренных коммутаций будет коммутация по кривой 1 (рис.1.5), т.к она приходит в ту же точку что и график прямолинейной коммутации

Рис. 1.5. Коммутация: 1 – нормально ускоренная; 2 – сильно ускоренная

Экспериментальная проверка настройки коммутации.

Для проверки теории коммутации был разработан экспериментальный метод оценки коммутации. Схема на рис.2.1. Эта схема позволяет усиливать или ослаблять дополнительные полюса

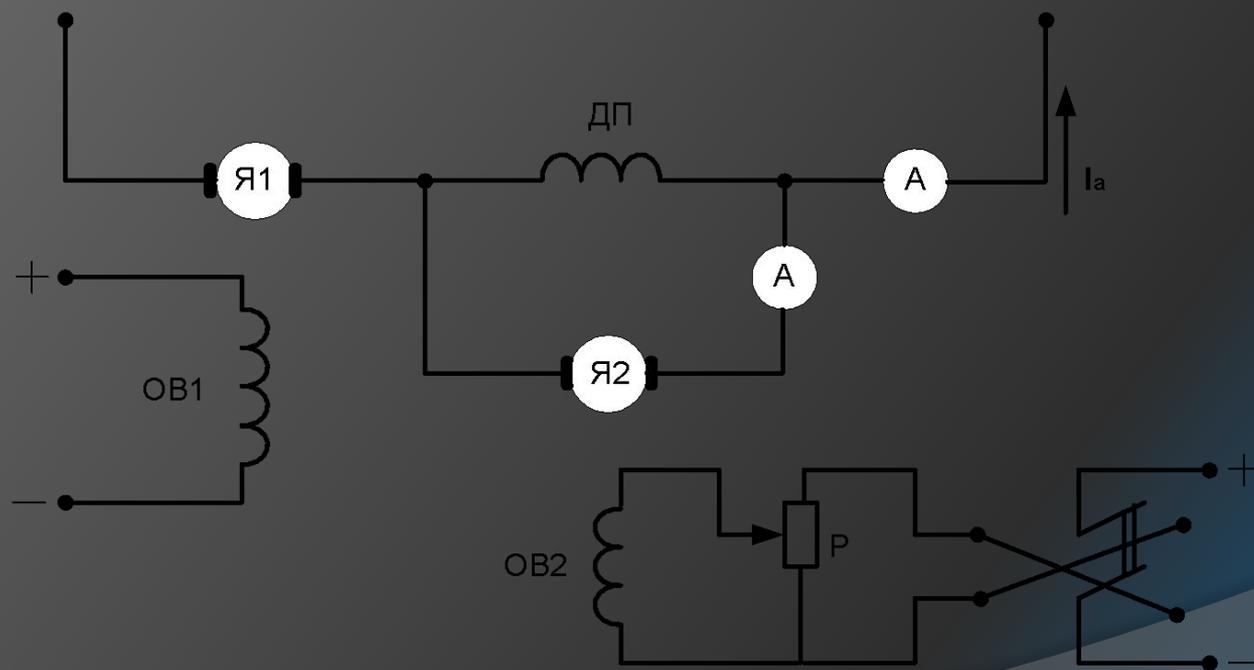
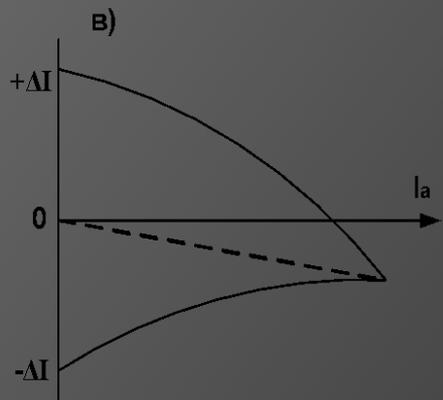
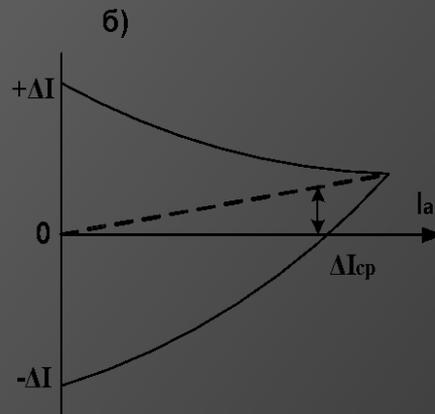
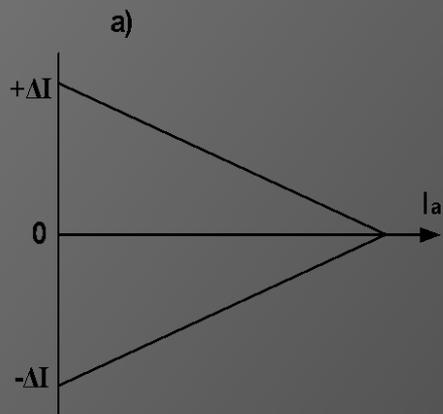


Рис. 2.1. Схема для снятия кривых подпитки добавочных полюсов.



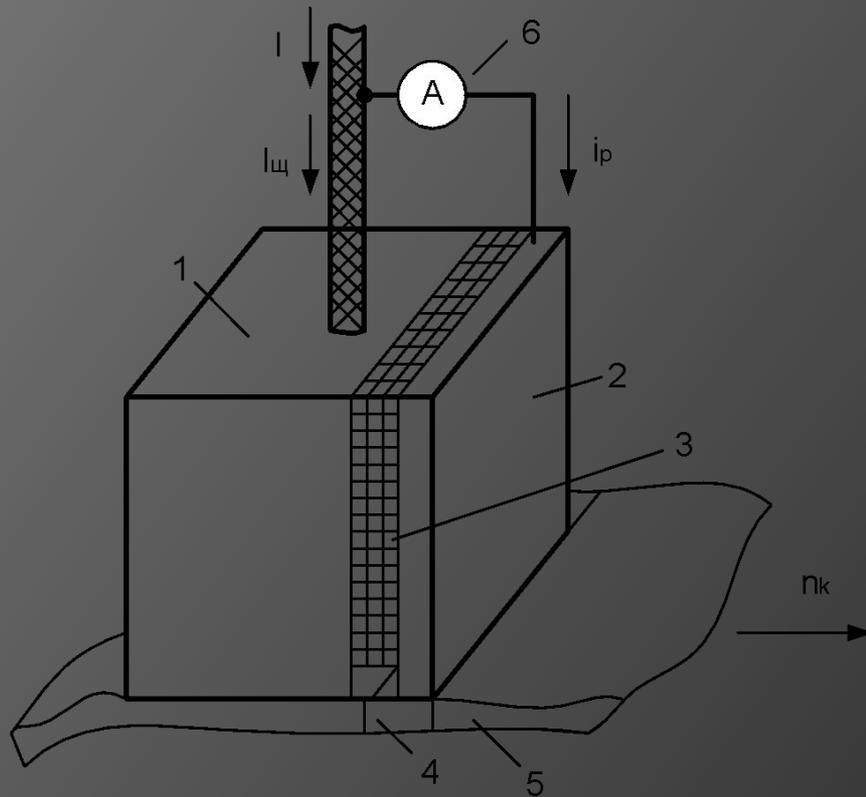
На этих рисунках представлены характеристики:

- а) С нормально запитанными полюсами;
- б) С ослабленными полюсами;
- в) С усиленными полюсами

Кривые подпитки позволяют установить необходимую степень усиления или ослабления действия добавочных полюсов

Рис.2.2. Кривые подпитки ДП.

Исследование коммутации датчиком тока разрыва



Щетка состоит из двух частей: основной – 1 и измерительной – 2, расположенной со стороны сбегающего края. Основная часть щетки от измерительной изолирована по всей высоте, а также измерительная часть щетки изолирована от металлического щеткодержателя. Ширина измерительной части щетки 2 меньше ширины межламельной 4 изоляции, с той целью, чтобы она не могла перекрывать две соседние коллекторные пластины.

При окончании процесса коммутации с током разрыва между сбегающей частью измерительной щетки и коллекторной пластиной, например от недокоммутации при слабых дополнительных полюсах будет ток разрыва одной полярности, что зафиксирует амперметр 6 (среднее значение импульсов тока разрыва).

Если окончание процесса коммутации сопровождается током разрыва другой полярности, например, от перекоммутации из-за сильных дополнительных полюсов, то стрелка амперметра отклонится в другую сторону. При завершение коммутации без тока разрыва, показания амперметра будут равны нулю.

3.1. Щетка – датчик тока разрыва.

Датчик поперечного тока в теле щетки.

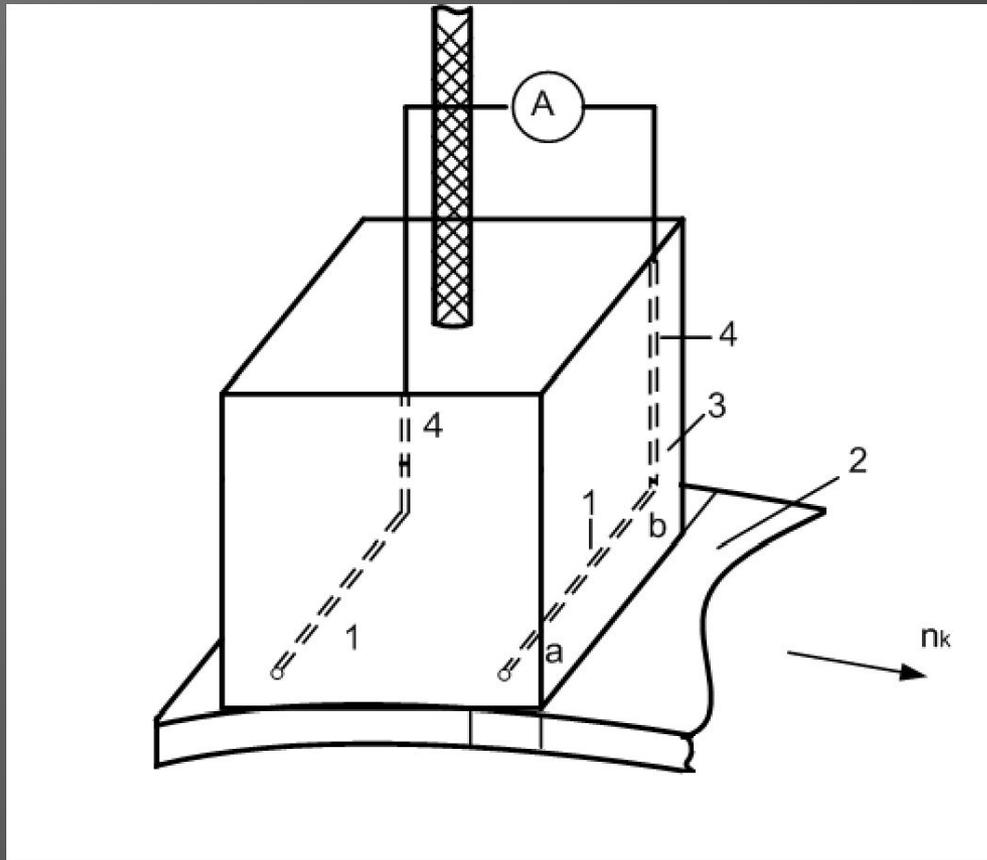
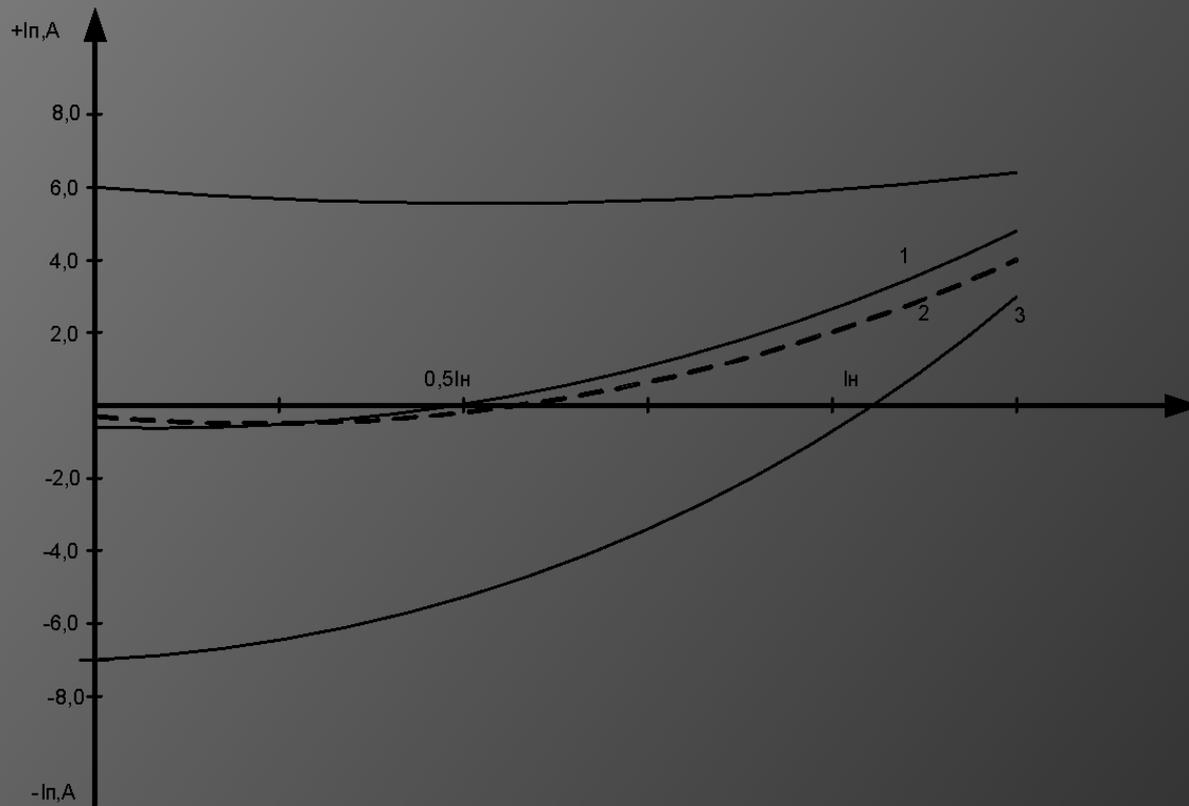


Рис.3.2. Щетка – датчик поперечного тока

Работу датчика поперечного тока можно проследить по рис.3.2. Электроды 1, расположенные на близком и одинаковом расстоянии от коллекторной поверхности 2, имеют на участке ab электрический контакт с телом щетки 3. Выводы электродов 4 изолированы и ни имеют контактов не со щеткой, ни со щеткодержателем.

При равномерной плотности тока через поперечное сечение тела щетки падение напряжения не будет одинаковым и прибор, измеряющий набегающем крае щетки и на сбегающем разность потенциалов между электродами покажет отсутствие поперечного тока, т.е. ноль. Если сбегающий край щетки окажется с большей плотностью тока, чем набегающий, то между электродами появится разность потенциалов и стрелка прибора отклонится в одну какую-то и тем больше, чем больше будет нагружен сбегающий край щетки.

Если же набегающий край щетки окажется с большей плотностью тока, чем сбегающий, а это возможно при сильных добавочных полюсах, то стрелка прибора будет отклоняться в другую сторону.



кривая 1 – средняя линия этой зоны. Эта кривая показывает, что в номинальном режиме и выше машина работает с недокоммутацией, то есть со слабыми дополнительными полюсами, для безыскровой зоны при этих токах в обмотке якоря надо усиливать намагничивающую силу дополнительных полюсов.

Рис.3.3. Исследование состояния коммутации разными способами.

Кривая 2 на рис.3.3. снята при токах подпитки, когда отсутствует ток разрыва, датчик приведен на рис.3.1. Эта кривая близка, и почти повторяет среднюю линию безыскровой зоны, снятой при визуальной оценке степени искрения.

Кривая 3 соответствует токам подпитки, при которых отсутствует поперечный ток в теле щетки (датчик приведен на рис.3.2.). Отсутствие поперечного тока соответствует равенству падений напряжений на сбегающем и набегающем краях, $U_{сб}=U_{наб}$, а соответственно прямолинейной коммутации.

ВЫВОД:

Проведенный теоретический и экспериментальный анализ работы двух датчиков по определению состояния коммутации показывает:

1. С помощью датчика поперечного тока возможно настраивать намагничивающую силу дополнительных полюсов только на прямолинейную коммутацию. Но при такой коммутации и больших токах в обмотке якоря возможен процесс искрообразования под щеткой, так как переходное сопротивление перехода щетка – коллектор не в состоянии погасить плотность тока при отрыве щетки от коллекторной пластины.

2. Датчик тока разрыва позволяет настраивать намагничивающую силу дополнительных полюсов на нормально – ускоренную коммутацию, когда при окончании процесса $i_{сб}=0$ и $di/dt=0$. Эксперименты подтверждают что такой коммутации соответствует средняя линия безыскровой зоны.